

# **APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE APRENDIZAJE COLABORATIVO EN EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO (AGRICULTURA DE PRECISIÓN) Y MÁSTER EN AGROINGENIERÍA (ROBÓTICA EN LA AGRICULTURA)**

Barreiro, P.; Valero, C.; Diezma, B

Dr. Ingeniero Agrónomo. Profesora Titular. ESTI Agrónomos. Pilar.barreiro@upm.es

Dr. Ingeniero Agrónomo. Profesor Titular. ETSI Agrónomos. Constantino.Valero@upm.es

Dr. Ingeniero Agrónomo. Profesora Titular. ETSI Agrónomos. Belen.diezma@upm.es

## **Resumen**

Se han empleado de técnicas de aprendizaje colaborativo y evaluación formativa en tres actividades docentes correspondientes a una asignatura de grado (Agricultura de precisión), otra de postgrado (Robótica aplicada) y a un viaje de estudios. En este estudio se revisa bibliografía docente relevante para esta cuestión y se muestran ejemplos de los modelos conceptuales, bitácoras y ensayos de reflexión generados en este contexto. La aplicación sistemática de estas técnicas empleando cada año como punto de partida los resultados de los cursos previos puede redundar en una mejora significativa del aprendizaje profundo en las distintas materias.

## **Abstract**

Several techniques related to collaborative learning and formative evaluation have been applied in a variety of activities related to undergraduate (Precision Agriculture) and postgraduate subjects (Applied Robotics) subjects, as well as to class trip. Dedicated state of the art is provided, and results shown in terms of conceptual maps, binnacle, and essays. The use of these procedures, year by year, helps deep learning of concerned subjects and enhances the engagements of the students in the learning process.

## **1. Introducción**

El aprendizaje colaborativo parte de la base de que el saber se produce socialmente por *consenso entre compañeros versados* en la cuestión. El saber es algo que construyen las personas hablando entre ellas y poniéndose de acuerdo. La meta del aprendizaje colaborativo es desarrollar personas reflexivas, autónomas y elocuentes. El aprendizaje colaborativo no es un sustituto de la clase magistral, el diálogo u otros métodos tradicionales sino su complemento útil.

La ciencia cognitiva moderna postula una estructura de la mente conocida como el esquema o esquemas que consiste en datos ideas y asociaciones organizadas en un sistema significativo. Para ello es recomendable que el alumno disponga de una extensa red de vocabulario, expresiones y conceptos que generalmente son aportados por las asignaturas básicas o introductorias, mientras que las materias avanzadas se centran en el establecimiento de relaciones entre conceptos básicos y un número más limitado pero profundo de conceptos de reciente adquisición.

La nueva ciencia cognitiva rechaza la idea de que el auténtico aprendizaje se produce cuando se ubica nueva información en la cima de la estructura cognitiva existente. En algunos entornos se expresa en los siguientes términos: *cuidado con las ideas inertes*, las ideas que sólo se alojan en

la mente sin que se utilicen, se pongan a prueba o se lancen a nuevas combinaciones. Algunos autores aluden a la diferencia entre el aprendizaje profundo y el superficial para distinguir el establecimiento de conexiones que conducen a un entendimiento más profundo, frente a la información que se queda en la superficie, inerte y no asimilada.

El aprendizaje colaborativo está indicado para abordar objetivos extremadamente ambiciosos o importantes, cuando las tareas son complejas y sea recomendable recurrir al pensamiento divergente o la creatividad, y sean necesarias estrategias de razonamiento y pensamiento crítico de alto nivel. Además el aprendizaje colaborativo tiene el potencial de aprovechar la oleada contemporánea de diversidad estudiantil, y así convertirla de un inconveniente pedagógico a un valor pedagógico (Barkley y cols., 2007).

Otros dos textos que resultan muy relevantes en el contexto de las nuevas enseñanzas universitarias son: lo que hacen los mejores profesores universitarios (Bain, 2005), y dar clase con la boca cerrada (Finkel, 2008). El primero, indica la necesidad de evitar convertirse en expertos de la rutina, mediante la aplicación y el perfeccionamiento de modelos heredados. Propone en cambio una visión del aprendizaje como un desarrollo, y ofrece ideas interesantes en relación al procedimiento de preparación de las clases. El segundo, muestra que la enseñanza puede tener lugar en ausencia de narración favoreciendo la concentración mental y la relajación anímica simultáneamente, y recomienda el empleo de la escritura como un proceso de pensar sobre el papel.

Por otra parte, la manera más efectiva de cambiar cómo estudia el alumno es modificar el estilo de evaluación, dado que la evaluación no sólo sirve para calificar, sino también para condicionar un estudio inteligente, para ayudar a aprender y evitar el fracaso, así como para condicionar un esfuerzo continuo a lo largo del curso. Los alumnos deberían aprender a través de la evaluación, en vez de aprender para ser evaluados. A este proceso se lo denomina evaluación formativa (Morales-Vallejo, 2010). Es importante comprender que la retroalimentación que se realiza con la corrección sólo es efectiva cuando el alumno presenta un nuevo trabajo en donde las correcciones previas han sido entendidas y tenidas en cuenta, y de ahí que el número de pruebas ha de ser necesariamente elevado. Existen decisiones importantes a la hora de calificar el aprendizaje colaborativo. Así, hay que evaluar dos cosas: primero el dominio del estudiante de los contenidos de la asignatura, y segundo su participación en los procesos de grupo. Además, la evaluación de los alumnos puede ser formativa o aditiva. El objetivo primordial de la evaluación formativa es educar y mejorar la actuación del estudiante, mientras que las evaluaciones aditivas recogen pruebas para poner notas.

Existen distintos modelos de evaluación: el analítico y el holístico (Morales-Vallejo, 2010). El primero es el tradicionalmente empleado en la corrección de exámenes y ejercicios con puntuación numérica, y consiste en descomponer el ejercicio en distintas unidades cada una de las cuales dispone de un peso específico concreto; la nota final se determina de forma aditiva. El principal inconveniente de este procedimiento es su elevado requerimiento de tiempo que limita el número de realizaciones durante el transcurso de la asignatura; se emplea típicamente en el examen final. En la evaluación holista, por el contrario, primero se clasifican los ejercicios en categorías: excelente, bueno, dudoso, deficiente y muy deficiente, y posteriormente se califica numéricamente prestando especial atención a aquellos sectores de alumnos que sean más difíciles de evaluar. Puede resultar interesante redactar unos comentarios conjuntos de manera que los alumnos dispongan de unos comentarios más extensos sobre las fortalezas y debilidades de los trabajos o exámenes. La corrección holista tiene como interés principal que permite incrementar el número de trabajos útiles a realizar por los alumnos en el transcurso de la asignatura. La calificación de la asignatura debe reflejar la ponderación relativa de cada actividad componente. Las siguientes sugerencias pueden ser de utilidad en el contexto de la evaluación: la calificación como instrumento de aprendizaje; es decir, hacer el mejor juicio bien

fundado y profesionalmente posible; entender el significado que los alumnos dan a las calificaciones; integrar la calificación con otros procesos clave como la planificación, la enseñanza y la interacción en el aula; centrarse en lo que estudiantes han de aprender, sobre todo en momentos emocionalmente intensos; hacer que el aprendizaje sea el objetivo primordial empleando la calificación es una poderosa palanca; ser antes profesor que vigilante; ayudar a los estudiantes a descubrir que están capacitados para influir en todo aquello que les acontece.

La participación del estudiante en la evaluación de sí mismo y de los demás subraya también la importancia de que profesores y alumnos compartan la responsabilidad. El profesor puede emplear dos enfoques: calificación por contrato y calificación basada en la competencia (Morales-Vallejo, 2010). En la primera estudiantes y profesores elaboran un contrato por escrito que especifica las tareas que un alumno debe realizar para obtener los distintos niveles de calificación, y se sugiere que los profesores garanticen que los puntos no se concederán sólo por realizar la actividad, sino que también se tendrá en cuenta si el trabajo ejecutado alcanza el nivel adecuado. En la calificación basada en la competencia, las notas de los alumnos se fundamentan en el dominio de determinadas aptitudes; se elaboran definiciones de las competencias deseadas y después los criterios para evaluar. En general, es mejor emplear un enfoque híbrido o una combinación de enfoques a lo largo del trimestre.

En este trabajo se muestran algunos de los resultados derivados de aplicar el aprendizaje colaborativo y la evaluación formativa en distintas actividades docentes de grado y postgrado.

## **2. Material y Métodos**

El empleo de técnicas de aprendizaje colaborativo es el punto de partida en esta comunicación, en la que presentamos varios ejemplos: a) en una clase del grado UPM de Ingeniero Agrónomo en la asignatura de libre elección Agricultura de Precisión, b) en la materia Robótica Aplicada del Máster de AgroIngeniería por la UPM, y c) en la elaboración de conclusiones de un viaje de prácticas a las III Jornadas Ibero Americanas en Agricultura de Precisión. En todas ellas, los alumnos fueron guiados en la construcción de mapas conceptuales, y en algún caso se impulsó a nuevos grupos de alumnos a reflexionar y emplear los mapas elaborados por grupos de alumnos predecesores.

## **3. Resultados**

### **3.1. Asignatura de grado: Agricultura de precisión**

La Figura 1 muestra el mapa conceptual elaborado por los alumnos de grado (10), resultado del análisis en 2 horas de 3 artículos (Blackmore, 2007; Sorensen & Bochtis, 2010; Blackmore & Blackmore, 2007) relacionados con el proceso de la robotización de los sistemas agrícolas en el marco de la agricultura de precisión. Para poder llevar a cabo la actividad, los alumnos son previamente entrenados en técnicas de lectura e interpretación rápida. Todos los alumnos revisaron los tres artículos en distinto orden, otorgándoseles 20 minutos por artículo con la condición de que al término de dicho plazo, escribieran en etiquetas removibles las cinco ideas o conceptos más relevantes. Al término del periodo de lectura, los alumnos se reunieron alrededor de una pizarra en blanco en la que se dejó espacio para los tres artículos mencionados. Cada alumno fue entonces indicando, una a una y por turnos, las ideas asociadas a cada artículo aglutinando y segregando las etiquetas de común acuerdo. Al término de este proceso y empleando rotuladores de pizarra se establecieron círculos entre los distintos grupos de etiquetas indicando la relación existente entre ellos. El profesor, al término de la actividad, relata el significado del mapa conceptual que se ha consensuado para fijar ideas, posteriormente transcribe el resultado a formato digital, ya que se empleará como punto de partida en años sucesivos. El resultado de este trabajo es el mapa conceptual de la Figura 1. La conclusión más

interesante por parte de los alumnos fue que ellos mismos, a priori, se juzgaron incapaces de realizar la labor y quedaron muy sorprendidos por la congruencia del resultado.

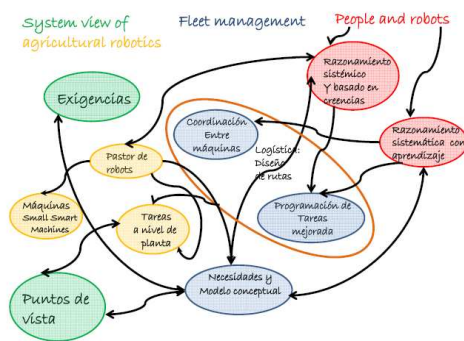


Figura 1. Mapa conceptual generado en una asignatura de grado. Fuente: alumnosAP2009-2010@upm.es

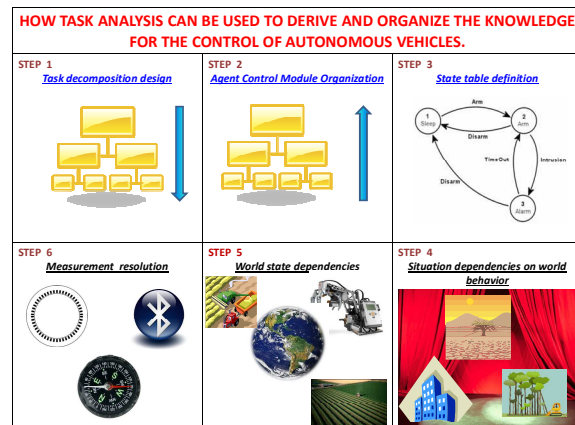


Figura 2. Metodología para la construcción de pequeñas máquinas inteligentes. Fuente: [Alumnosmáster\\_AGING2009-2010@upm.es](mailto:Alumnosmáster_AGING2009-2010@upm.es)

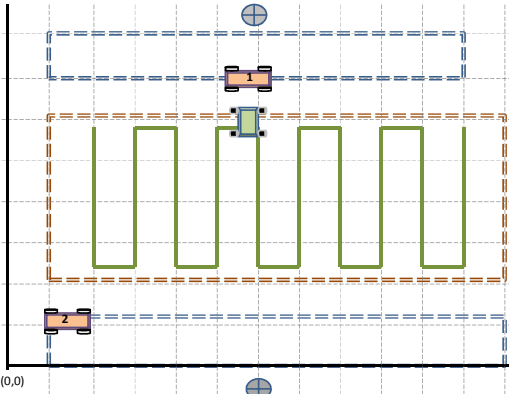
### 3.2. Agricultura de Máster: Robótica Aplicada

La Figura 2 esquematiza el marco metodológico empleado en la construcción de robots recolectores-colaboradores en el plazo de una semana de dedicación a tiempo completo por parte de los alumnos del Máster, alumnos caracterizados por una muy diversa formación previa. Esta actividad emplea como base un artículo de investigación de Barbera y col. (2004) muy relevante como ejemplo de procedimiento. Los alumnos son divididos en grupos de acuerdo con su perfil profesional. Los alumnos más familiarizados con las actividades de programación acometen este tipo de actividad con la condición de que la documentación del código quede al cargo del resto, de manera que resulta imprescindible que los segundos comprendan la lógica de programación al término del trabajo. Los alumnos más familiarizados con el entorno agrícola, son los encargados de definir el espacio de trabajo, así como de describir la lógica de la actividad recolección-colaboración, y su descomposición en distintos agentes para su posterior programación. Se recurre para ello al análisis de distintos contextos sociológicos como los trabajos de barrio o comunitarios típicos de sociedades comunales.

La diversidad en la formación previa, dio lugar a ciertas tensiones durante el desarrollo que se fueron relajando en la medida que los distintos miembros del grupo reconocieron la contribución de las partes, especialmente cuando la elevada calidad de la documentación generada, puso de manifiesto el grado de imbricación de las partes.

En el contexto del máster los alumnos optaron por la elaboración de una bitácora que se resume en la Tabla 1. La evaluación de los alumnos se realizó mediante una exposición oral del trabajo en la que cada miembro destacó su aportación y la colaboración con el resto. A la presentación acudieron 10 profesores del Departamento entre los que se encontraban algunos profesores visitantes extranjeros.

**Tabla 1.** Resumen del cuaderno de bitácora en la asignatura de máster y modelo de entorno de trabajo para el equipo de robots recolectores-colaboradores

<p><b>LUNES 15/02/10</b></p> <p><b>OBJETIVO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir la metodología, el problema y calendario de trabajo.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomamos como artículo base: "How task analysis can be used to derive and organize the knowledge for the control of autonomous vehicles".</li> <li>2. En grupos asignados de 2 personas analizamos cada uno de sus apartados y extrajimos las ideas principales de cada uno de ellos reflejándola en un POSTER.</li> <li>3. Inicialmente se determina 4 vecinos colaboradores y un recolector.</li> <li>4. Por la tardes se asistió las clases de PROGRAMACIÓN DE LEJOS ,donde se marcaron las pautas iniciales:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Construir 2 vecinos colaboradores y 1 recolector.</li> <li>b. Programación del recolector</li> <li>c. Decidimos utilizar el método de coordenadas absolutas para los 3 vehículos.</li> <li>d. Utilización de compás y comunicación mediante bluetooth para conocer la ubicación exacta de los robots.</li> </ol> </li> </ol> <p><b>CONCLUSIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se define que son 6 las tareas a desarrollar según la metodología aplicada.</li> <li>- El problema se determina que es el robot-recolector que pidió ayuda a sus colegas y el tiempo de duración del desarrollo una semana.</li> </ul>	<p><b>MARTES 16/02/10</b></p> <p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir los robots</li> <li>- Definir los pasos 1,2 y 3</li> <li>- Iniciar la programación.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cada uno de los alumnos construyó un robot recolector (todo clónico) y el colaborador.</li> <li>2. Definí de escenario tomando como base el artículo visto el lunes:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. STEP 1 y2: Definición del árbol de tareas</li> <li>b. STEP3:                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de cada uno de los estados para vecinos y recolector</li> <li>- Definición de agentes, se concluye con 1 agente por estados</li> <li>- Sintaxis y programación                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dependencia del mundo (definición objetos): Superficie de tracción, Línea de cultivo, Vecinos</li> </ul> </li> </ul> </li> </ol> </li> <li>3. Pruebas iniciales programación, ajuste de compas- (fotos).</li> </ol> <p><b>CONCLUSIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se logró construir los robots clónicos.</li> <li>- Se definió el escenario como aplicación del presente artículo.</li> <li>- Se inició las primeras programaciones en el ordenador.</li> </ul>
<p><b>MIÉRCOLES 17/02/10</b></p> <p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proseguir con la programación de robots vecinos.</li> </ul> <p><b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de una bitácora.</li> <li>- Continuación de la programación de los robots, haciéndolo solo en un solo vecino colaborador y el recolector.</li> <li>- Realización del inicio de la redacción de este documento.(bitácora)</li> </ul> <p><b>CONCLUSIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólo es necesario utilizar para la programación dos robots (1 vecino colaborador y el recolector) como ejemplo de comportamiento.</li> </ul>	
<p><b>JUEVES 18/02/10</b></p> <p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unificar la programación y el documento</li> <li>- Definir el escenario del recorrido de los robots</li> </ul> <p><b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. En clase unificación de trabajos (programación +documentación).</li> <li>2. Montamos el escenario de simulación</li> <li>3. Realiza las pruebas y ajustes del recorrido del robot</li> <li>4. Continuamos con la programación de los robots.</li> <li>5. Se elaboran las cintas para medir el avance de los robots.</li> </ol> <p><b>CONCLUSIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Que se establece la secuencia de la unificación de la programación y la aplicación del documento.</li> <li>- Que el área del recorrido de los robots está aun ajustándose.</li> </ul>	
<p><b>VIERNES 19/02/10</b></p> <p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación del avance del trabajo</li> <li>- Depurar los puntos finales</li> </ul> <p><b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Finalización del trabajo</li> <li>2. Entendimiento del software y descripción de la sintaxis.</li> <li>3. Acoplamiento de los software y realización de pruebas finales del robot</li> <li>4. Discusión sobre la puesta a punto.</li> <li>5. Cierre de actividades de programación en java, conseguido hasta la fecha.</li> <li>6. Decidir que la comunicación <i>bluetooth</i> , se realizará posteriormente y que el presente trabajo se hace mediante la comunicación por ordenes manualmente(botones)</li> </ol> <p><b>CONCLUSIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La programación realizada al día de hoy verifica la solución al problema planteado.</li> <li>- La aplicación del artículo metodológico ha brindado las pautas para la resolución del problema.</li> </ul>	

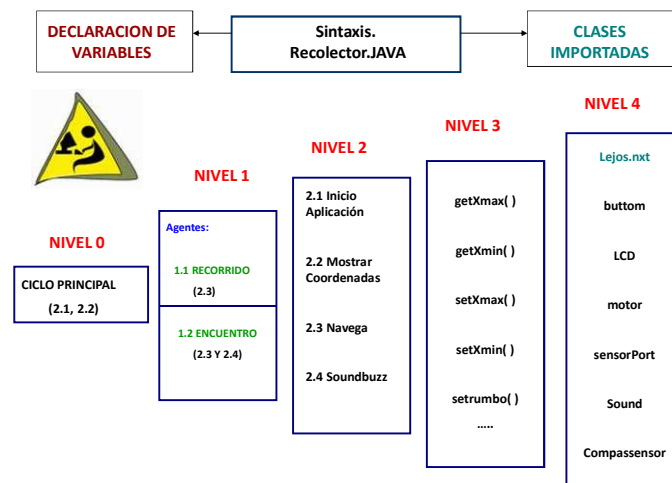


Figura 3. Esquema resumen de los niveles de programación e integración del código java realizado sobre la base de una librería específica Lejos.nxt. El esquema resumen la configuración de uno de los robots: el recolector.

### 3.3. Viaje de prácticas con alumnos: III Jornadas de Agricultura de Precisión

En este punto se resumen las conclusiones derivadas por los alumnos tras la asistencia en Évora (Portugal) a las III Jornadas Ibero-Americanas de Agricultura de Precisão, donde la participación fue notablemente alta: unas 50 comunicaciones (orales y póster) y más de 120 asistentes, destacando la elevada afluencia de profesionales de la agricultura, empresas y alumnos (Universidad Politécnica Madrid, Universidad de Sevilla y Universidad de Valladolid en el ámbito Nacional).

La programación de las Jornadas se desarrolló a lo largo de los dos días. El primero estuvo dedicado a ponencias invitadas y a sesiones coloquio, con una gran variedad de temas tratados, como malherbología de precisión, fertilización de pastos, olivicultura y viticultura de precisión, sensores de suelo, guiado asistido y zootecnia de precisión. Mientras que el segundo día tuvo una orientación mucho más aplicada, ya que el Centro de Investigación de la Finca La Orden organizó en sus instalaciones una demostración de máquinas y equipos de AP: guiado asistido por GPS, sensores de mapeo de la conductividad aparente y pH del suelo, toma automatizada de muestras de suelo, monitor de cosecha, pulverizador dotado de dosificación variable, y presentaron la recientemente estrenada Red Extremeña de Geoposicionamiento.

Con anterioridad al desarrollo de las jornadas los alumnos fueron informados de la necesidad de recopilar individualmente las ideas más relevantes. Durante el viaje de regreso, los alumnos fueron poniendo en común dichas ideas dotándolas de un significado global coherente. Las Figuras 4 y 5 resumen algunas de las ideas generadas por los alumnos en grupo durante el trayecto de regreso Évora-Madrid.



Figura 4. Ideas que afloraron en las III Jornadas AP. Fuente: [alumnos\\_IIIJ\\_AP-2010@upm.es](mailto:alumnos_IIIJ_AP-2010@upm.es).



Figura 5. Propuesta de proceso de innovación en AP. Fuente: [alumnos\\_IIIJ\\_AP\\_2010@upm.es](mailto:alumnos_IIIJ_AP_2010@upm.es)

Finalmente los alumnos tuvieron que resumir en un pequeño ensayo de 150 palabras los aspectos que deseaban destacar: "La agricultura de precisión no es una idea nueva en sí misma ya que lo agricultores tradicionalmente conocen la existencia de variabilidad en sus parcelas. Sin embargo, la determinación de la causa de dicha variabilidad requiere de una base técnica y científica que es donde la innovación tiene su papel más importante. Es importante evaluar la calidad y utilidad de la información de que se dispone para poder mejorar la eficiencia en el desarrollo de nuevas aplicaciones; al fin y al cabo el tiempo es también un recurso limitado". La necesidad de poner escrito con una cierta calidad literaria sus reflexiones en un tiempo muy limitado (las 3 horas del viaje de regreso), así como la lectura en común de todos los ensayos redundó en una discusión interesante que los alumnos valoraron muy positivamente.

#### **4. Conclusiones**

La aplicación de nuevas tecnologías docentes: mapas conceptuales, bitácoras y ensayos de reflexión, en el aula y fuera de ella, pueden contribuir significativamente a mejorar el aprendizaje profundo de las materias. Incrementan la implicación del alumno en el proceso enseñanza-aprendizaje, y pueden ser el germen de un proceso evolutivo, donde los alumnos de cada curso académico emplean una recopilación de las labores de síntesis de sus compañeros de cursos pasados para incorporar un nuevo punto de vista consensuado. Las técnicas de evaluación formativa: calificación por contrato vs. calificación por competencia pueden ayudar significativamente a evaluar las metodologías aplicadas y sus resultados.

#### **Bibliografía**

- Bain, K. 2006. Lo que hacen los mejores profesores universitarios. Ed. Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Barbera, T., Albus, J., Messina, E., Schlenoff, C., & Horst, J. (2004). How task analysis can be used to derive and organize the knowledge for the control of autonomous vehicles. *Robotics and Autonomous Systems*, 49(1-2), 67-78
- Barkley, E.F.; Cross, K.P.; Major, C.H. 2007. Técnicas de aprendizaje colaborativo. Ed. Morata.
- Blackmore, B.S. 2007. A system view of agricultural robots. *Precision Agriculture'07* pp: 23:32.
- Blackmore, B.S and C.P. 2007. People and robots. *Precision Agriculture'07* pp: 433:440.
- Finkel, D. 2008. Dar clase con la boca cerrada. Ed. Universidad de Valencia.
- Morales Vallejo, P. 2009. La evaluación formativa.  
<http://www.upcomillas.es/personal/peter/otrosdocumentos/Evaluacionformativa.pdf>
- Sorensen C.G and Bochtis D.D. 2010. Conceptual model of fleet management in agriculture. *Biosystems Engineering*:105:41:50.